

Ю. О. Панфилова<sup>1</sup>, М. Д. Безгина<sup>1</sup>,  
Т. В. Березкина<sup>1</sup>, В. А. Бакулев<sup>1</sup>,  
А. Кирий<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28,  
*iulia.panfilova@urfu.ru*,

<sup>2</sup>Институт исследования полимеров общества Лейбница,  
01069, Германия, г. Дрезден, ул. Хое, 6,  
*kiriy@ipfdd.de*

## **ЭЛАСТИЧНЫЕ ТОКОПРОВОДЯЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ПЛЕНКИ И ТВЕРДЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И ПРИБОРОВ СЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ**

**Ключевые слова:** проводящие полимеры, ионные жидкости, органическая электроника, твердые полимерные электролиты, эластичные проводящие пленки.

Это сообщение освещает некоторые направления исследований, протекающих в Институте полимерных исследований в Дрездене. Одно из них посвящено поиску новых твердых полиэлектролитов для литий-ионных аккумуляторов повышенной безопасности, а второе – разработке растяжимых токопроводящих пленок. Перезаряжаемые литий-ионные аккумуляторы становятся жизненно важным компонентом в современном обществе, например, для использования в электромобилях, однако существует угроза безопасности ввиду наличия в их основе огне-взрывоопасных растворителей. Твердые полимерные электролиты (ТПЭ), базирующиеся на основе полиэтиленоксида, имеют большие перспективы, однако низкие ионная проводимость, механическая прочность и узкое электрохимическое окно ограничивают их применение. Недавно было показано, что ТПЭ на основе поли(пропиленкарбоната) (ППК) значительно превосходят полиэтиленоксидные ТПЭ, хотя их характеристики требуют дальнейших оптимизаций [1]. Целью настоящей работы является разработка и изучение свойств композитов на основе ППК и их применение в качестве ТПЭ в литиевых аккумуляторах и оптимизация их основных характеристик до уровня, приемлемого в промышленности.

На первом этапе работы нами были изготовлены ионные мембраны на основе ППК и бис(трифторметансульфонил) имида лития. В качестве основы для улучшения механических свойств использовалось целлюлозное волокно. Проводимость полученных пленок была исследована методом импедансной спектроскопии.

Было найдено, что следы остаточного растворителя (ацетонитрила) значительно улучшают ионную проводимость. Так, полностью сухой композит имеет проводимость ниже  $10^{-6}$  S/cm, в то время как максимальная проводимость до  $7 \times 10^{-4}$  S/cm была достигнута при ~3%-ном содержании растворителя. Эти результаты можно объяснить с позиции подвижности полимерных цепей. Поскольку ППК обладает относительно высокой температурой стеклования, в сухом виде при комнатной температуре его цепи заморожены, что препятствует диффузии ионов лития; присутствие растворителя увеличивает подвижность полимерных цепей, что увеличивает подвижность ионов лития. Поскольку присутствие низкомолекулярных растворителей нежелательно для безопасной работы аккумуляторов, следующим шагом является поиск подходящих высокомолекулярных пластификаторов.

Эластичные проводящие устройства выходят на первый план в оптоэлектронных исследованиях. Перспективным направлением является получение материалов, обладающих высоким уровнем эластичности и проводимости [2] для их использования в качестве «электронной кожи», в биосенсорах, а также в органических устройствах, интегрированных в одежду. ПЭДОТ:ПСС – проводящий полимер с уникальной электрической проводимостью, но повышенной хрупкостью. В этой работе мы сосредоточились на разработке и оптимизации комплекса ПЭДОТ:ПСС с различными добавками, которые способны улучшить его механические свойства. Комплексный материал ПЭДОТ:ПСС-добавка в соотношении 1/0.7 массовых частей наносился на растяжимую подложку из полидиметилсилоксана (ПДМС). Исследуемые образцы подвергались циклам растяжения-сжатия на 10 %, 20 % и т. д. Наибольшей эластичностью при скорости растяжения 10 мм/мин обладает комплекс ПЭДОТ:ПСС-1-этил-3-метилимидазолия октилсульфат лития (60 %).

Начальные значения проводимости материалов определены мультиметром Metex: ПЭДОТ:ПСС – 1,3 mS/cm, ПЭДОТ:ПСС + бис(трифторметансульфонил) имида лития – 3,56 mS/cm, ПЭДОТ:ПСС + 1-этил-3-метилимидазолия октилсульфат – 2,36 mS/cm, ПЭДОТ:ПСС + поливиниловый спирт – 1,86 mS/cm,

ПЭДОТ:ПСС + плуроник-123 – 1,66 mS/см. Следующий этап нашего исследования заключается в определении зависимости проводимости материала от степени растяжения.

#### Список литературы

1. Jianjun Zhang, Jianghui Zhao, Liping Yue et al. // Adv. Energy Mater. 2015. Vol. 5.
2. Yue Wang, Chenxin Zhu, Raphael Pfattner et al. // Science Advances. 2017. Vol. 3.

*\* Работа частично выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-03-00715), а также при поддержке РНФ (грант 18-13-00161).*

УДК 547.83+535.37

**П. А. Панченко<sup>1,2</sup>, А. С. Полякова<sup>1,2</sup>, Н. В. Лейчу<sup>2</sup>,  
Ю. В. Федоров<sup>1</sup>, О. А. Федорова<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН,  
119991, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, 28,  
pavel@ineos.ac.ru,

<sup>2</sup>Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева,  
125047, Россия, г. Москва, Миусская пл., 9

### **ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ РЕТ-ХЕМОСЕНСОРЫ И СЕНСОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КРАУНСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ 1,8-НАФТАЛИМИДА ДЛЯ КАТИОННОГО АНАЛИЗА\***

**Ключевые слова:** 1,8-нафталимид, сенсор, краун-эфир, флуоресценция, перенос электрона.

Оптические сенсорные материалы, способные к изменению спектрально-люминесцентных характеристик при связывании с анализируемым веществом, в последние годы привлекают огромный интерес исследователей в области супрамолекулярной химии, биохимии и экологии [1–3].

Производные имида нафталевой кислоты (1,8-нафталимида) представляют собой один из наиболее популярных классов органических люминофоров. Соединения данного типа обладают интенсивным поглощением и флуоресценцией в видимой области спектра, высокой термо- и фотостабильностью. Благодаря возможности тонкой подстройки фотофизических свойств путем варьирования заместителей, связанных с нафталиновым ядром, а также относительной простоте направленной